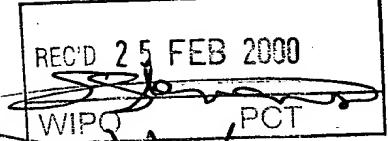


PCT/JP 100200
00/00754



日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JPO/1754

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 2月10日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第033385号

出願人
Applicant(s):

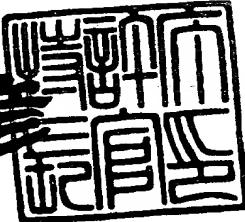
ソニー株式会社

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年12月10日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-30857

【書類名】 特許願
【整理番号】 9801054503
【提出日】 平成11年 2月10日
【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿
【国際特許分類】 G05B 11/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号ソニー株式会社内
【氏名】 石田 健蔵
【特許出願人】
【識別番号】 000002185
【氏名又は名称】 ソニー株式会社
【代表者】 出井 伸之
【代理人】
【識別番号】 100082740
【弁理士】
【氏名又は名称】 田辺 恵基
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 048253
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9709125
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに関節駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1及び第2のリンク間に設けられ、上記第1又は第2のリンクを上記第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、
上記関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して上記回転軸に伝達する駆動手段と、
上記駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される上記駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段と、
上記電気値検出手段により検出された上記駆動電流の電流値に基づいて、上記駆動手段の上記出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、
上記トルク検出手段により検出された上記トルクに基づいて、上記第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段と
を具えることを特徴とする関節駆動装置。

【請求項 2】

上記第1又は第2のリンクに与えられた外力がなくなるように、上記駆動手段の上記出力軸の回転駆動量を制御する制御手段
を具えることを特徴とする請求項1に記載の関節駆動装置。

【請求項 3】

ロボット本体に係合された少なくとも1以上の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置において、

各上記構成ユニットは、

第1及び第2のリンク間に設けられ、上記第1又は第2のリンクを上記第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、
上記関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して上記回転軸に伝達する駆動手段と、
上記駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される上記駆動電流の電

流値を検出する電流値検出手段と、

上記電気値検出手段により検出された上記駆動電流の電流値に基づいて、上記駆動手段の上記出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、

上記トルク検出手段により検出された上記トルクに基づいて、上記構成ユニットが外部接触したときに上記第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段と

を具えることを特徴とする関節駆動装置を利用したロボット装置。

【請求項4】

各上記構成ユニットが外部接触したとき、上記第1又は第2のリンクに与えられた外力がなくなるように上記駆動手段の上記出力軸の回転駆動量を制御する制御手段

を具えることを特徴とする請求項3に記載の関節駆動装置を利用したロボット装置。

【請求項5】

上記制御手段は、

各上記構成ユニットが外部接触したとき、上記制御した上記駆動手段の上記出力軸の回転駆動量に基づいて、上記ロボット本体の重心を安定した状態に保つよう制御する

ことを特徴とする請求項4に記載の関節駆動装置を利用したロボット装置。

【請求項6】

第1又は第2のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持された上記第2又は第1のリンクの回転力を、供給される駆動電流に応じて発生する第1のステップと、

上記供給される上記駆動電流の電流値を検出する第2のステップと、

上記検出された上記駆動電流の電流値に基づいて、上記回転軸にかかるトルクを検出する第3のステップと、

上記検出された上記トルクに基づいて、上記第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する第4のステップと

を具えることを特徴とする関節駆動方法。

【請求項 7】

上記第1又は第2のリンクに与えられた外力がなくなるように、上記回転軸の回転駆動量を制御する第5のステップ
を具えることを特徴とする請求項6に記載の関節駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに関節駆動方法に
関し、例えば関節型の一対の脚部ユニットを有する2足歩行型ロボットに適用し
て好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の2足歩行型ロボットとしては、ロボット本体内に組み込まれた
電動モータの出力軸に一対の脚部ユニットが間接的に係合された構成のものが考
えられており、当該電動モータの回転駆動力を各脚部ユニットの推力として伝え
ることによって2足歩行型ロボットを歩行動作させるようになされている。

【0003】

かかる2足歩行型ロボットにおいて、一端がそれぞれロボット本体に係合され
た各脚部ユニットの他端には、それぞれ平坦な足裏面をもつ関節型の脚部ユニッ
トが係合されており、歩行動作時には、一方の脚部ユニットを軸足としてその足
裏面にロボット本体の全荷重をかけた状態で、他方の脚部ユニットを持ち上げて
足部ユニットを前方へ送り出しながらロボット本体の荷重を前方に移動させ、当
該足部ユニットの足裏面が接地したときにその脚部ユニットを軸足にするといっ
た歩行動作を交互の脚部ユニットで繰り返すことにより前進するようになされて
いる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、かかる2足歩行型ロボットの歩行路面が平坦でなく傾斜や凹凸が生
じた不整地面である場合、2足歩行型ロボットは、歩行動作時には、踏み出した

一方の脚部ユニットの足裏面が不整地面に接地したとき、当該足裏面の傾斜角度が不整地面と合うようにその脚部ユニットの関節機構を可動させることにより、当該脚部ユニットを軸足としたときにロボット本体の重心を安定した状態に保ち得るようになされている。

【0005】

その際、2足歩行型ロボットは、通常、足裏面に設けられた圧力センサ、傾斜角センサ、加速度センサ及びマイクロスイッチ等の種々のセンサを用いて、不整地面に対する足裏面の傾斜角度を検出するようになされている。

【0006】

ところが、実際にこのようなセンサを足部ユニットに取り付けた場合、当該センサの重量分だけロボット全体の重量が増大すると共に、当該センサをロボット内部に設けられた制御系と導通接続するための配線も必要となることによって機構が煩雑となる問題があった。またセンサを取り付けた場合には、ロボット内部に設けられた制御系においてセンサ情報をソフトウェア的に処理しなければならない分だけ制御が煩雑となる問題があった。

【0007】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、構成を簡易にし得る関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに制御を容易にし得る関節駆動方法を提案しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため本発明においては、第1及び第2のリンク間に設けられ、第1又は第2のリンクを第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、当該関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して回転軸に伝達する駆動手段と、当該駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段と、当該電気値検出手段により検出された駆動電流の電流値に基づいて、駆動手段の出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、当該トルク検出手段により検出されたトルクに基づ

いて、第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段とを設けるようにした。

【0009】

このように、この関節駆動装置では、供給される駆動電流の電流値を検出するための電流値検出手段が内蔵された駆動手段を第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付けたことにより、当該駆動電流の電流値に応じて得られた当該駆動手段の出力軸にかかるトルクに基づいて、第1又は第2のリンクに与えられる外力を求めることができる。

【0010】

また本発明においては、ロボット本体に係合された少なくとも1以上の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置において、各構成ユニットは、第1及び第2のリンク間に設けられ、第1又は第2のリンクを第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、当該関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して回転軸に伝達する駆動手段と、当該駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段と、当該電気値検出手段により検出された駆動電流の電流値に基づいて、駆動手段の出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、当該トルク検出手段により検出されたトルクに基づいて、構成ユニットが外部接触したときに第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段とを設けるようにした。

【0011】

このように、このロボット装置では、供給される駆動電流の電流値を検出するための電流値検出手段が内蔵された駆動手段を第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付けたことにより、当該駆動電流の電流値に応じて得られた当該駆動手段の出力軸にかかるトルクに基づいて、構成ユニットが外部接触したときに第1又は第2のリンクに与えられる外力を求めることができる。

【0012】

さらに本発明においては、第1又は第2のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持された第2又は第1のリンクの回転力を、供給される駆動電流に応じて発生した後、供給される駆動電流の電流値を検出する。続いて検出された駆動電流の電流値に基づいて、回転軸にかかるトルクを検出した後、当該検出されたトルクに基づいて、第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出するようにした。

【0013】

このように、この関節駆動方法では、第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に回転力を与えるための駆動電流の電流値を検出するようにしたことにより、当該電流値に基づいて得られた回転力に加わるトルクに応じて、第1又は第2のリンクに与える外力を求めることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【0015】

(1) 2足歩行型ロボットの全体構成

図1は全体として本実施の形態による2足歩行型ロボット1を示し、胴体部ユニット2の上端に所定の関節機構（図示せず）を介して頭部ユニット3が配設され、胴体部ユニット2の上下左右の各隅部にそれぞれ腕部ユニット4及び脚部ユニット5が所定の関節機構（図示せず）を介して取り付けられている。

【0016】

胴体部ユニット2は、上胴体部ユニット2A及び下胴体ユニット2Bからなり、関節機構（図示せず）を介して所定方向の可動自在に接続されている。また腕部ユニット4は、上腕部ユニット4A、下腕部ユニット4B及び手部ユニット4Cからなり、上胴体部ユニット2Aから順次関節機構（図示せず）を介して所定方向に可動自在に接続されている。さらに脚部ユニット5は、大腿部ユニット5A、脛部ユニット5B及び足部ユニット5Cからなり、下胴体部ユニット2Bから順次関節機構（図示せず）を介して所定方向に可動自在に接続されている。

【0017】

この場合、頭部ユニット3及び上胴体ユニット2A間を連結する関節機構（図示せず）にはアクチュエータA₁、A₂が配設されており、かくして対応するアクチュエータA₁、A₂を駆動することによって、頭部ユニット3を上胴体部ユニット2Aに対して互いに直交する2軸を中心とした各回転方向（前後方向及び左右横方向）に回転させ得るようになされている。

【0018】

また図2に示すように、上胴体部ユニット2A及び下胴体部ユニット2B間を連結する関節機構（図示せず）にはアクチュエータA₃、A₄が配設されており、かくして対応するアクチュエータA₃、A₄を駆動することによって、上胴体部ユニット2Aを下胴体部ユニット2Bに対して互いに直交する2軸を中心とした各回転方向（前後方向及び左右横方向）に回転させ得るようになされている。

【0019】

さらに上胴体部ユニット2A、上腕部ユニット4A、下腕部ユニット4B及び手部ユニット4C間をそれぞれ連結する各関節機構（図示せず）にはそれぞれアクチュエータA₅～A₈が配設されており、かくして対応するアクチュエータA₅～A₈を駆動することによって、上腕部ユニット4Aを上胴体部ユニット2Aに対して互いに直交する2軸を中心とした各回転方向に回転させ得ると共に、下腕部ユニット4Bを上腕部ユニット4Aに対して1軸を中心とした回転方向に回転させ得、さらに手部ユニット4Cを下腕部ユニット4Bに対して1軸を中心とした回転方向に回転させ得るようになされている。

【0020】

さらに下胴体部ユニット2B、大腿部ユニット5A、脛部ユニット5B及び足部ユニット5C間をそれぞれ連結する各関節機構（図示せず）にはそれぞれアクチュエータA₉～A₁₄が配設されており、かくして対応するアクチュエータA₉～A₁₄を駆動することによって、大腿部ユニット5Aを下胴体部ユニット2Bに対して互いに直交する3軸を中心とした各回転方向に回転させ得ると共に、脛部ユニット5Bを大腿部ユニット5Aに対して1軸を中心とした回転方向に回転させ得、さらに足部ユニット5Cを脛部ユニット5Bに対して互いに直交する2軸

を中心とした各回転方向に回転させ得るようになされている。

【0021】

さらに胴体部ユニット2の背面にはメイン制御部6Aや電源部及び受信部等の周辺回路6Bが内蔵された制御部ユニット6が配設されている。電源部は、メイン制御部6Aの制御に応じて、各構成ユニット（頭部、胴体部、各腕部及び各脚部）2～5内に設けられたサブ制御部2S～5S及び当該各構成ユニット2～5を連結する各関節機構（図示せず）内に設けられたアクチュエータモジュールに対して所定の駆動電圧を供給する。

【0022】

ここでオペレータは遠隔操作装置（図示せず）を用いて外部から遠隔操作することにより、2足歩行型ロボット1に対して所望の動作及び姿勢を行わせ得るようになされている。このとき遠隔操作装置から発進される遠隔指令信号が、受信部を介してメイン制御部6Aに入力されると、当該メイン制御部6Aは、遠隔指令信号に基づいて、各構成ユニット（頭部、胴体部、各腕部及び各脚部）2～5内に設けられたサブ制御部2S～5Sを制御することにより、当該各構成ユニット2～5を連結する各関節機構（図示せず）内のアクチュエータモジュールを必要に応じて駆動させる。

【0023】

これにより2足歩行型ロボット1においては、オペレータの遠隔指令に応じて各構成ユニット（頭部、胴体部、各腕部及び各脚部）2～5を自在に駆動し得ることから、オペレータが所望する動作（歩行動作）や姿勢（座り姿勢、作業姿勢及び立ち姿勢等）を自由に行うことができる。

【0024】

（2）足部ユニットの構成

ここで図3において、2足歩行型ロボット1における左右の各脚部ユニット5のうち足部ユニット5Cの構成を示す。この足部ユニット5Cは、脛部ユニット5Bに対してx y z 座標系における互いに直交する3軸（x軸、y軸及びz軸）を中心として各回転方向に回転し得るようになされている。

【0025】

この脛部ユニット5Bの先端には中空部5BHが形成され、当該中空部5BH内に矢印y方向に沿って固定軸9が軸支されると共に、当該固定軸9と同軸中心でなる出力軸10Aをもつアクチュエータ（以下、これをピッチ軸用アクチュエータと呼ぶ）10（A₁₃）が内蔵されている。

【0026】

また脛部ユニット5Bにおける中空部5BHの外壁からは、一対の平板突起部5BA、5BBが互いに平行関係を保って外方（矢印z方向と逆方向）に延長するように形成され、当該一対の平板突起部5BA、5BB間には、足部ユニット5Cが矢印y方向の軸を中心として矢印aで示す方向に回転自在に取り付けられている。

【0027】

ここで足部ユニット5Cは、上述した一対の平行突起部5BA、5BBにそれぞれ軸支された固定軸11を中心として矢印b方向に当該各固定軸11を中心として固着された断面略コ字状の部材（以下、これを足首部材と呼ぶ）5CAを有し、当該足首部材5CAの内部空間にはアクチュエータ（以下、これをロール軸用アクチュエータと呼ぶ）12（A₁₄）がその出力軸12Aが矢印x方向と平行となるように接合部材13を介して固定されている。

【0028】

この脛部ユニット5Bの先端に形成された中空部5BHに軸支された固定軸9（出力軸10A）には、ベルト車14が主動車として係合されると共に、一対の平行突起部5BA、5BBの一方に軸支された固定軸11には、ベルト車15が従動車として係合され、当該ベルト車14、15にはベルト16が張架されている。かくしてピッチ軸用アクチュエータ10の駆動に応じてベルト車14、ベルト16及びベルト車15を順次介して固定軸11を足首部材5CAと一体となって回転させ得るようになされている。

【0029】

さらに足部ユニット5は、矢印x方向に張り出したつま先部5CBTと平坦な足裏面5CBRとからなる部材（以下、これを接地部材と呼ぶ）5CBを有し、

当該接地部材5CBから矢印z方向に沿って一对の平行突起部5CBA、5CBBが足首部材5CAを両側から挟み込むように突出して形成されている。

【0030】

この一对の平行突起部5CBA、5CBBには、足首部材5CAに固定されたロール軸用アクチュエータ12の出力軸12Aが、脛部ユニット5Bの先端に形成された一对の平行突起部5BA、5BBと直交するように（すなわち矢印x方向に沿って）固着されている。かくしてロール軸用アクチュエータ12の駆動に応じて固定軸11（出力軸12A）を接地部材5CBと一体となって回転させ得るようになされている。

【0031】

このようにして足部ユニット5Cでは、ピッチ軸用アクチュエータ10の駆動に応じて、脛部ユニット5Bに対して固定軸9を回転中心とした矢印a方向に接地部材5CB及び足首部材5CAを一体となって回転させると共に、ロール軸用アクチュエータ12の駆動に応じて、接地部材5CBのみを足首部材5CAに対して固定軸11（出力軸12A）を回転中心とした矢印b方向に回転させ得るようになされている。

【0032】

この結果、足部ユニット5Cにおける接地部材5CBの足裏面5CBRが、平坦面以外の傾斜や凹凸が形成された不整地面に接地した場合であっても、当該足部ユニット5Cを脛部ユニット5Bに対して3次元方向に自在に可動し得ることから、足裏面5CBRの傾斜角度を不整地面に合わせて設定することができる。

【0033】

なお足部ユニット5Cの足裏面5CBRには、従来の傾斜角度測定用のセンサよりも格段と軽量な感圧センサ（図示せず）が設けられており、当該足裏面5CBRが接地したときに、接地確認信号をサブ制御部5Sを介して制御部ユニット6内のメイン制御部6Aに送出するようになされている。メイン制御部6Aは当該接地確認信号に基づいて、足裏面5CBRが接地したことを判断して、足部ユニット5C内のピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12にそれぞれ駆動電流を供給するようになされている。

【0034】

実際に、2足歩行型ロボット1では、各脚部ユニット5について歩行動作の一連のフォームを予めプログラムしておき、歩行動作時に、当該フォームを時系列的に構成する複数の姿勢と順次一致するように、それぞれ足部ユニット5Cに設けられたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を所定の単位角度ごとに補正するようになされている。

【0035】

この場合、歩行動作時の各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する各姿勢ごとに、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度がそれぞれ目標角度データとして、制御部ユニット6内に設けられたRAM（図示せず）に記憶されている。

【0036】

そして歩行動作時、メイン制御部6Aは、各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する各姿勢ごとに、それぞれ目標角度データをRAMから読み出すと共に、現在のピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10、12の回転角度がそれぞれ目標角度データに応じた回転角度と一致するように、各脚部ユニット5のサブ制御部5Sを制御して、当該各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ単位角度ずつ更新しながら補正する。

【0037】

このようにすれば、各脚部ユニット5が不整地面でなる路面を歩行する場合でも、上述のように各姿勢ごとにピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を単位角度ずつ更新しながら補正することにより、足裏面5CBRが不整地面の傾斜や凹凸に応じて傾斜したときでも、当該各脚部ユニット5のフォームがずれるのを防止することができる。

【0038】

かくして2足歩行型ロボット1において、メイン制御部6Aは、歩行動作時に、踏み出した一方の脚部ユニット5の足裏面5CBRが不整地面に接地したとき

、当該足裏面5CBRの傾斜角度が不整地面と合うようにその足部ユニット5Cの関節機構を可動させると共に、当該脚部ユニット5を軸足としたときに上胴体部ユニット2Aを下胴体部ユニット2Bに対して前後方向及び又は左右横方向に移動させることにより、ロボット本体の重心を安定した状態に保つようになされている。

【0039】

(3) ピッチ軸用アクチュエータ及びロール軸用アクチュエータの構成

図6において、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12はACサーボモータからなり、回転トルクを発生させるモータ部20と、当該モータ部20において発生された回転トルクを増幅して出力するトルク増幅部21とから構成されている。

【0040】

モータ部20においては、モータケース22の内部に回転軸受け23A、23Bにより回転自在に枢支されたロータ軸24が設けられ、当該ロータ軸24にロータ基体25及び図7（B）及び（C）のように4極に着磁されたリング状のロータマグネット26が同軸に一体化されることによりロータ27が形成されている。

【0041】

またモータケース22の内側には、図8及び図9（A）に示すように、ロータ27を取り囲むように6つのステータ鉄心28A～28Fが等間隔（45〔°〕間隔）で固定されると共に、これら各ステータ鉄心28（28A～28F）には、それぞれ巻線が施されることによりコイル29（29A～29F）が形成されている。

【0042】

これによりモータ部20においては、180〔°〕対向する2つのコイル29（29A及び29D、29B及び29E、29C及び29F）の組（合計3組ある）をそれぞれU相、V相及びW相として、これらU相、V相及びW相の各コイル29にそれぞれ120〔°〕ずつ位相がずれた駆動電流を印加することによってロータ27を回転駆動することができ、かくして回転トルクを発生させることができ

きるようになされている。

【0043】

一方トルク増幅部21においては、図6及び図10(A)～(C)に示すように、モータケース22の先端部に着脱自在に固定されたギアケース30を有し、当該ギアケース30の内部に、環状の内歯車31と、ロータ軸24の先端部に固定された太陽歯車32と、内歯車31及び太陽歯車32間に120[°]間隔で配置された第1～第3の遊星歯車33A～33Cとからなる遊星歯車機構34が設けられている。

【0044】

このときトルク増幅部21においては、遊星歯車機構34の第1～第3の遊星歯車33A～33Cの各軸35A～35Cがそれぞれギアケース30の先端に回転自在に配置された出力軸36に固定されており、かくしてモータ部20からロータ軸24を介して与えられる回転トルクを遊星歯車機構34を介して出力軸36に伝達し、当該出力軸36を介して外部に出力し得るようになされている。

【0045】

またトルク増幅部21には、出力軸36に固着された環状の樹脂マグネット37と、当該樹脂マグネット37の外周面と対向するようにギアケース30の外周面に固着された第1及び第2のホール素子38A、38Bとからなる1回転絶対角度センサ39が設けられている。

【0046】

この場合樹脂マグネット37は、図10(A)のように2極にかつ一周に亘って磁束密度 $\phi(\theta g)$ が図11のように変化するように着磁されると共に、第1及び第2のホール素子38A、38Bは、図10(B)のように90[°]の位相差をもってギアケース30の外周面に固着されている。

【0047】

これにより1回転絶対角度センサ39においては、出力軸36の回転角度を、当該出力軸36の回転に伴う第1及び第2のホール素子38A、38Bの配設位置における磁束密度 $\phi(\theta g)$ の変化として検出し、検出結果を第1及び第2のホール素子38A、38Bからそれぞれ図12に示すようなそれぞれ $\sin(\theta$

g) 及び $\cos(\theta g)$ で与えられる波形の第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号 S1A、S1B として出力することができるようになされている。

【0048】

かかる構成に加えこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の場合、モータ部20のモータケース22の内部には、ロータ軸24の磁極角度を検出するロータ軸磁極角度センサ30と、外部の上位コントローラ(図示せず)からの指令に基づいて出力軸24の回転角度、回転速度及び回転トルク等を制御する制御基板41と、制御基板41の制御のもとにモータ部20の各コイル29に駆動電流を供給するパワー基板42とが収納されている。

【0049】

この場合ロータ軸磁極角度センサ40は、ロータ27のロータ基体25の前面に固着された樹脂マグネット43と、制御基板41に搭載された第1～第4のホール素子44A～44Dとから形成されている。そして樹脂マグネット43は、図7(B)及び(C)に示すように、ロータ27のロータマグネット26と同じ4極に着磁され、当該ロータマグネット26と同位相でロータ基体25に固着されている。

【0050】

また第1～第4のホール素子44A～44Dは、図13(B)に示すように、ロータ軸24と同心円上に、第1及び第2のホール素子44A、44Bが180[°]対向し、かつ第3及び第4のホール素子44C、44Dがこれら第1及び第2のホール素子44A、44Bと同じ方向に45[°]位相がずれた位置に位置するように制御基板41に搭載されている。

【0051】

これによりこのロータ軸回転角度センサ40においては、ロータ軸24の磁極角度を、当該ローラ軸24と一緒に回転する樹脂マグネット43の回転に伴う第1～第4のホール素子44A～44Dの配設位置における磁束密度の変化として検出し得るようになされている。

【0052】

なおロータ軸24の磁極角度とは、ロータ軸24の機械的回転角度にロータマ

グネット26の磁極数の半分の値を掛けた角度をいう。そしてこの実施の形態においては、ロータマグネット26が4極に着磁されているため、磁気角度が0から 2π までの範囲の値となる。

【0053】

一方制御基板41は、図6、図7(A)、図13及び図14に示すように、環状に形成されたプリント配線板の一面側に1チップマイクロコンピュータ45及びCPUクロックを発生用の水晶発振器46が搭載されると共に、他面側に上述のロータ軸回転角度センサ40の第1～第4のホール素子44A～44Dと、温度センサ47とが搭載されることにより構成されている。

【0054】

そしてこの制御基板41においては、図14のようにロータ軸磁極角度センサ40における第1及び第2のホール素子44A、44Bの出力と、第3及び第4のホール素子44C、44Dの出力をそれぞれ第1及び第2の減算回路48A、48Bを介して加算して第1及び第2のロータ軸磁極角度センサ信号S2A、S2Bとして1チップマイクロコンピュータ45に取り込み、かつ1回転絶対角度センサ39(図6、図10(C))からケーブル49(図6)を介して供給される第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号S1A、S1Bを1チップマイクロコンピュータ45に取り込み得るようになされている。

【0055】

また制御基板41においては、2本の電源ライン、1本の汎用のパラレル通信ライン、2本のRS-232Cシリアル通信ライン及び2本の同期式シリアル通信ラインを有する第2のケーブル50(図6)を通じて上位コントローラと接続されており、かくして1チップマイクロコンピュータ45がこの第2のケーブル50を介して駆動電圧を入力し、かつ上位コントローラと交信することができるようになされている。

【0056】

そして1チップマイクロコンピュータ45は、この第2のケーブル50を介して上位コントローラから与えられる出力軸36(図6)の回転角度、回転速度又は回転トルクの指定値(以下、これらをそれぞれ指定回転角度、指定回転速度及

び指定回転トルクと呼ぶ)と、第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号S1A、S1Bと、第1及び第2のロータ軸磁極角度センサ信号S2A、S2Bと、後述のようにパワー基板42から供給される第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cとに基づいて、U相、V相及びW相の各コイル29にそれぞれ印加すべき駆動電流の値(以下、これらをそれぞれ第1～第3の電流指令値と呼ぶ)を算出し、これら算出した第1～第3の電流指令値を第3のケーブル51を介してパワー基板42に送出する。

【0057】

これに対してパワー基板42においては、図6、図9(B)及び(C)に示すように、環状に形成されたプリント配線板の一面側に図15に示すコイル駆動ブロック52を形成する複数のパワートランジスタチップ53が搭載されることにより構成されている。

【0058】

そしてこのコイル駆動ブロック52は、制御基板41の1チップマイクロコンピュータ45から与えられる第1～第3の電流指令値に基づいてモータ部20のU相、V相及びW相の各コイル29に対してそれぞれ対応する第1～第3の電流指令値に応じた大きさの駆動電流を印加することによりモータ部20のロータ27を回転駆動させる。

【0059】

またこの際コイル駆動ブロック52は、このときU相、V相及びW相の各コイル29にそれぞれ印加されている駆動電流の大きさをそれぞれ検出し、検出結果を第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cとして第3のケーブル51(図6)を介して制御基板41に送出する。

【0060】

このようにしてこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12では、制御基板41の1チップマイクロコンピュータ45及びパワー基板42のコイル駆動ブロック52からなる制御回路によって、上位コントローラから与えられた指定回転角度、指定回転速度又は指定回転トルクに応じてモータ部20を駆動する。

【0061】

そしてこのように構成されたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12においては、上述のようにモータ部20を駆動制御する制御回路がモータケース22内部に収納されているため、外部との接続配線量を格段的に減少させることができ、またアクチュエータシステム全体としての配線量をも減少させることができる。

【0062】

またこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12においては、ロータ軸磁極角度センサ40をモータケース22内部に収納するようにしてロータ27の極近傍に設けているため、ロータ軸24を太くことなく高精度かつ高速の位置決めを行い得るように構築することができ、その分モータ全体として高精度にかつ小型軽量に構築することができる。

【0063】

(4) 1チップマイクロコンピュータ及びコイル駆動ブロックの構成

ここで1チップマイクロコンピュータ45は、図16に示すように、演算処理ブロック58、レジスタ59、ロータ軸回転角度検出処理ブロック60、トルク-3相電流信号変換処理ブロック61、電流制御処理ブロック62及び第1～第4のアナログ/デジタル変換回路63～66から構成されている。

【0064】

そしてこの1チップマイクロコンピュータ45では、パワー基板42から与えられる第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cを第1のアナログ/デジタル変換回路63においてそれぞれデジタル変換し、得られた第1～第3の駆動電流検出データD3A、D3Bを電流制御処理ブロック62に入力する。

【0065】

また1チップマイクロコンピュータ45では、1回転絶対角度センサ39(図6、図10(C))から供給される第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号S1A、S1Bを第3のアナログ/デジタル変換回路65においてデジタル変換し、得られた第1及び第2の1回転絶対角度センサデータD1A、D1Bをレジスタ59に格納する。

【0066】

さらに1チップマイクロコンピュータ45では、第1及び第2の減算回路48A、48B(図14)から与えられるロータ軸磁極角度センサ40の出力に基づく第1及び第2のロータ軸磁極角度センサ信号S2A、S2Bを第2のアナログ／ディジタル変換回路64においてディジタル変換し、得られた第1及び第2のロータ軸磁極角度センサデータD2A、D2Bをロータ軸回転角度検出処理ブロック60に入力する。

【0067】

ロータ軸回転角度検出処理ブロック60は、供給される第1及び第2のロータ軸磁極角度センサデータD2A、D2Bに基づいてロータ軸24の磁極回転角度(以下、これをロータ軸磁極回転角度と呼ぶ)Pmlと、磁極角度θpとを検出し、ロータ軸回転角度Pmlをレジスタ59に格納すると共に磁極角度θpをトルク－3相電流信号変換処理ブロック61に送出する。

【0068】

なおロータ軸24の磁極回転角度(ロータ軸磁極回転角度Pml)とは、ロータ軸24の回転に伴い第1～第4のホール素子44A～44Dにより検出される樹脂マグネット43の隣接する一対のN極及びS極による磁極変化を1周期(0～ 2π)とする角度をいう。そしてこの実施の形態においては樹脂マグネット43が4極に着磁されているため、ロータ軸磁極回転角度Pmlが0から 4π までの範囲の値となる。

【0069】

そして演算処理ブロック58は、このようにしてレジスタ59に格納された第1及び第2の1回転絶対角度センサデータD1A、D1B並びにロータ軸磁極回転角度Pmlと、上位コントローラから与えられる指定回転角度、指定回転速度又は指定回転トルクとに基づいて、目標とする回転トルク(以下、これを目標回転トルクと呼ぶ)T0を演算し、演算結果をレジスタ59に格納する。なおこの目標回転トルクT0は、後述のように1[ms]周期で演算される。

【0070】

このレジスタ59に格納された目標トルクT0は、トルク－3相電流信号変換

処理ブロック61により読み出される。そしてトルク-3相電流信号変換処理ブロック61は、この目標トルクT0と、ロータ軸回転角度検出処理ブロック60から与えられるロータ軸24の磁極角度θpとに基づいて、モータ部20におけるU相、V相、W相の各コイル29にそれぞれ印加すべき駆動電流の値を表す上述の第～第3の電流指令値Ur、Vr、Wrをそれぞれ算出し、これを電流制御処理ブロック62に送出する。

【0071】

電流制御処理ブロック62は、トルク-3相電流信号変換処理ブロック61から与えられる第～第3の電流指令値Ur、Vr、Wrと、第1のアナログ/デジタル変換回路63から与えられる第1～第3の駆動電流検出データD3A～D3Cとに基づいて、第～第3の電流指令値Ur、Vr、Wrに対して電圧変動に対する補償処理を含む所定の信号処理を施した後これをPWM(Pulse Width Modulation)変調し、得られた第1～第3のPWM信号S4A～S4Cを第3のケーブル51を介してこれをパワー基板42のコイル駆動ブロック51に送出する。

【0072】

なお第3のケーブル51には、第1～第3のPWM信号S4A～S4C用にそれぞれ2本のラインが設けられている。そして電流制御処理ブロック62は、出力軸36(図6)を正転駆動するときには第1～第3のPWM信号S4A～S4Cをそれぞれ一方の第1のラインを介してパワー基板42のコイル駆動ブロック52に送出すると共に、第1～第3のPWM信号S4A～S4Cにおける論理「0」レベルの信号(以下、これらを第1～第3の基準信号と呼ぶ)S5A～S5Cを他方の各第2のラインをそれぞれ介してパワー基板42のコイル駆動ブロック52に送出する。

【0073】

また電流制御処理ブロック62は、出力軸36を逆転駆動するときには第1～第3のPWM信号S4A～S4Cをそれぞれ第2のラインを介してパワー基板42のコイル駆動ブロック52に送出すると共に、第1～第3の基準信号S5A～S5Cをそれぞれ各第1のラインを介してパワー基板42のコイル駆動ブロック

52に送出する。

【0074】

一方コイル駆動ブロック52においては、図15に示すように、U相、V相、W相の各コイル29にそれぞれ対応させて、それぞれ4個の増幅器68A～68Cからなる同様構成の第1～第3のゲートドライブ回路69A～69Cと、それぞれ2個のPNP型トランジスタTR1、TR2及び2個のNPN型トランジスタTR3、TR4からなる同様構成の第1～第3のインバータ回路70A～70Cで構成されている。

【0075】

そしてこのコイル駆動ブロック52では、U相、V相及びW相の各第1のラインがそれぞれ対応する第1～第3のゲートドライブ回路69A～69Cの第1及び第3の増幅器68A、68Cをそれぞれ介して対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cの第2のPNP型トランジスタTR2のベース及び第1のNPN型トランジスタTR3のベースと接続され、U相、V相及びW相の各第2のラインがそれぞれ対応する第1～第3のゲートドライブ回路70A～70Cの第2及び第4の増幅器68B、68Dをそれぞれ介して対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cの第2のPNP型トランジスタTR2のベース及び第1のNPN型トランジスタTR4のベースと接続されている。

【0076】

またこのコイル駆動ブロック52では、モータ部20のU相、V相及びW相の各コイル29がそれぞれ対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cにおける第1のPNP型トランジスタTR1のコレクタ及び第1のNPN型トランジスタTR3のコレクタの接続中点と、第2のPNP型トランジスタTR2のコレクタ及び第2のNPN型トランジスタTR4のコレクタの接続中点との間に接続されている。

【0077】

これによりこのコイル駆動ブロック52においては、U相、V相及びW相の各相毎に、第1又は第2のラインを介して与えられる第1～第3のPWM信号S4A～S4Cをそれぞれ対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cにお

いてアナログ波形の駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w に変換し、これらをそれぞれ対応するU相、V相及びW相の各コイル29に印加することができるようになされている。

【0078】

またコイル駆動ブロック52においては、U相、V相及びW相の各コイル29に供給する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w の大きさを第1～第3のインバータ回路70A～70Cにそれぞれ設けられたコイルからなる電流センサ71により検出し、検出結果を上述のように第1～第3の第1～第3の駆動電流検出信号 S_{3A} ～ S_{3C} として制御基板41の1チップマイクロコンピュータ45の第1のアナログ／デジタル変換回路63（図16）に送出するようになされている。

【0079】

因みに図16に示す演算処理ブロック58は、CPU (Central Processing Unit) 78と、各種プログラムが格納されたROM (Read Only Memory) 79と、CPU 78のワークメモリとしてのRAM (Random Access Memory) 80と、汎用のパラレル通信に対応したパラレル通信用入出力回路81と、上位コントローラとの間の入出力インターフェース回路であるシリアル通信用入出力回路82と、サーボ割込みのための1 [ms] 周期のサーボ割込信号 S_{10} 及びPWM周期である50 [μm] 周期のPWMパルス信号 S_{11} を発生するサーボ割込信号発生回路83と、サーボ割込信号発生回路83からサーボ割込信号 S_{10} が正しく発生されているかをCPU 78が検出するための1 [ms] 周期以上の所定周期を有するウォッチドッグ信号 S_{12} を発生するウォッチドッグ信号発生回路84とがCPUバス85を介して相互に接続されることにより構成されている。

【0080】

（5）コイル駆動電流と出力トルクの関係

ここでこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12におけるモータ部20のU相、V相及びW相の各コイル29に印加する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、出力軸36を介して外部に出力される回転トルク（以下、出力トルクと呼ぶ）との関係について説明する。

【0081】

まずU相、V相及びW相の各コイル29に駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w を印加したときにおけるこれらU相、V相及びW相の各コイル29の交差する磁束密度を ϕ_u 、 ϕ_v 、 ϕ_w とすると、出力トルク $T(\theta_p)$ は、モータ部20のロータ軸24の磁極角度 θ_p を用いて次式

【0082】

【数1】

$$T(\theta_p) = I_u \times \phi_u \times K_0 + I_v \times \phi_v \times K_0 + I_w \times \phi_w \times K_0 \quad \dots \dots (1)$$

【0083】

のように与えられる。なおこの(1)式において、 K_0 は各コイル29に駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w を印加したときの一定の係数値を表す。

【0084】

ここでU相、V相及びW相の各コイル29に印加する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w は、上述のようにそれぞれ次式

【0085】

【数2】

$$I_u = I_0 \times \sin \theta_p \quad \dots \dots (2)$$

【0086】

【数3】

$$I_v = I_0 \times \sin \left(\theta_p + \frac{2\pi}{3} \right) \quad \dots \dots (3)$$

【0087】

【数4】

$$I_w = I_0 \times \sin \left(\theta_p - \frac{2\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (4)$$

【0088】

のように制御され、このため各磁束密度は ϕ_u 、 ϕ_v 、 ϕ_w はそれぞれ次式、

【0089】

【数5】

$$\phi_u = \phi_0 \times \sin \theta_p \quad \dots\dots (5)$$

【0090】

【数6】

$$\phi_v = \phi_0 \times \sin \left(\theta_p + \frac{2\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (6)$$

【0091】

【数7】

$$\phi_w = \phi_0 \times \sin \left(\theta_p - \frac{2\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (7)$$

【0092】

となる。

【0093】

従って出力トルク $T(\theta_p)$ は、これら (2) 式～(7) 式を (1) 式に代入して、次式

【0094】

【数8】

 $T(\theta p)$

$$\begin{aligned}
 &= I_0 \times \phi_0 \times K_0 \left\{ \sin \theta p \times \sin \theta p \right. \\
 &\quad + \sin \left(\theta p + \frac{2\pi}{3} \right) \times \sin \left(\theta p + \frac{2\pi}{3} \right) \\
 &\quad \left. + \sin \left(\theta p - \frac{2\pi}{3} \right) \times \sin \left(\theta p - \frac{2\pi}{3} \right) \right\} \\
 &= I_0 \times \phi_0 \times K_1 \quad (\text{但し } K_1 = 1.5 K_0) \quad \cdots \cdots (8)
 \end{aligned}$$

【0095】

と表すことができる。

【0096】

従ってこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12では、各コイル29に印加する駆動電流I_u、I_v、I_wの大きさに比例した出力トルクが得られることが分かる。

【0097】

(6) 不整地歩行制御手順

ここで2足歩行型ロボット1は、歩行動作時に、各脚部ユニット5の足部ユニット5Cに設けられたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12について、それぞれ図17に示す不整地歩行制御手順RT1を実行することにより、歩行路面が不整地面であっても各脚部ユニット5のフォームがずれることなくロボット本体の重心を常に安定した状態に保つことができる。

【0098】

まず2足歩行型ロボット1の制御部ユニット6内に設けられたメイン制御部6Aは、オペレータにより歩行动作の開始命令が与えられると、ステップSPOか

ら当該不整地歩行制御手順R T 1に入り、続くステップS P 1において、静止状態にある2足歩行型ロボット1の各脚部ユニット5について、歩行動作時における一連のフォームのプログラムを実行する。

【0099】

続いてメイン制御部6Aは、ステップS P 2に進んで、各脚部ユニット5の足部ユニット5Cに設けられたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を所定の単位角度だけ更新した後、ステップS P 3に進む。

【0100】

このステップS P 3において、メイン制御部6Aは、歩行動作時の各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する複数の姿勢のうち、現在の姿勢に応じた目標角度データをRAM（図示せず）から読み出す。

【0101】

続いてメイン制御部6Aは、ステップS P 4に進んで、一方の脚部ユニット5について足裏面5CBRの一部が路面に接地したか否かを判断した後、否定結果が得られたときには、再度ステップS P 2に戻って、さらにピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ所定の単位角度だけ更新する。

【0102】

かくしてメイン制御部6Aは、ステップS P 4において肯定結果が得られるまで、すなわち一方の脚部ユニット5について足裏面5CBRの一部が路面に接地するまで、ステップS P 2及びS P 3の処理を繰り返して、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ単位角度ずつ更新し続ける。

【0103】

続いてメイン制御部6Aは、ステップS P 5において、路面に足裏面5CBRが接地したときのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12に流れる駆動電流の電流値 I_{MP} 、 I_{MR} （共に I_U 、 I_V 、 I_W ）を検出した後、ステップS P 6に進む。

【0104】

このステップSP6において、メイン制御部6Aは、得られた電流値 I_{MP} 、 I_{MR} に対して所定の演算処理を実行することにより、それぞれ出力軸10A、12Aのトルク値 T_{MP} 、 T_{MR} （共に $T(\theta_p)$ ）に変換する。

【0105】

続いてメイン制御部6Aは、ステップSP7に進んで、当該トルク値 T_{MP} 、 T_{MR} から、足裏面5CBRが傾斜する前の状態（すなわち、つま先部5CBT（図3）が重力で下がらない状態）にピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aにかかるトルク（以下、これを自重トルクと呼ぶ）のトルク値 T_{GP} 、 T_{GR} を差し引くことにより、不整地面の傾斜又は凹凸に応じて足裏面5CBRが傾斜したときに各出力軸10A、12Aにかかるトルク（以下、これを外力トルクと呼ぶ）のトルク値 T_{FP} 、 T_{FR} のみを算出する。

【0106】

この後、メイン制御部6AはステップSP8において、外力トルクのトルク値 T_{FP} 、 T_{FR} が0であるか否かを判断し、肯定結果を得ると、このことは路面が傾斜又は凹凸が生じた不整地面であることを表しており、このときメイン制御部6Aは、ステップSP2に戻って、さらにピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ所定の単位角度だけ更新した後、上述と同様の処理を繰り返す。

【0107】

これに対してステップSP8において否定結果を得ると、このことは足裏面5CBRが接地面に対して傾斜していることを表しており、このときメイン制御部6Aは、ステップSP9に進んで、外力トルクのトルク値 T_{FP} 、 T_{FR} が0に近づくように、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を単位角度だけ補正した後、再度ステップSP2に戻って上述と同様の処理を繰り返す。

【0108】

このように各脚部ユニット5におけるピッチ軸用アクチュエータ10及びロー

ル軸用アクチュエータ12について、それぞれ出力軸10A、12Aの回転角度を単位角度ずつ更新しながら補正することにより、歩行動作時の各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する各姿勢ごとに常に一致させることができる。

【0109】

(7) 本実施の形態の動作及び効果

以上の構成において、2足歩行型ロボット1では、平坦でない不整地面からなる路面を歩行する際、踏み出した一方の脚部ユニット5の足裏面5CBRが不整地面に接地したとき、当該接地した足裏面5CBRをもつ足部ユニット5Cのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12に内蔵された各制御基板41を用いてそれぞれ駆動電流を検出する。

【0110】

このときピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12では、それぞれ流れる駆動電流と各出力軸10A、12Aにかかるトルクとは比例関係にあるため、当該駆動電流の検出結果に基づいて、各出力軸10A、12Aにかかる外力トルクを算出することができる。

【0111】

従って、踏み出した脚部ユニット5の足裏面5CBRが不整地面に接地して傾斜した場合でも、算出された外力トルクに応じてピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12をそれぞれ駆動することにより、当該足裏面5CBRが不整地面に安定して接地し得るように足部ユニット5Cの関節機構を可動させることができ、この結果当該脚部ユニット5を軸足としたときに2足歩行型ロボット1全体の重心を安定した状態に保つことができる。

【0112】

以上の構成によれば、2足歩行型ロボット1において、各脚部ユニット5の足部ユニット5Cのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12内にそれぞれ制御基板41を設け、歩行動作時に、当該各制御基板41を用いて検出した各アクチュエータ10、12に流れる駆動電流に基づいて、各アクチュエータ10、12の出力軸10A、12Aにかかる外力トルクを算出するようにしたことにより、踏み出した脚部ユニット5の足裏面5CBRが不整地面に

接地して傾斜した場合でも、当該外力トルクに応じてピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12をそれぞれ駆動して当該足裏面5CBRが不整地面に安定して接地させることができ、この結果当該脚部ユニット5を軸足としたときに2足歩行型ロボット1全体の重心を安定した状態に保つことができ、かくして構成を簡易にし得ると共に制御を容易にし得る2足歩行型ロボット1を実現することができる。

【0113】

(8) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、第1及び第2のリンクとして脚部ユニット5における脛部ユニット5B及び足部ユニット5Cを適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、

上胴体部ユニット2A及び下胴体ユニット2B間、腕部ユニット4における上腕部ユニット4A及び下腕部ユニット4B間、下腕部ユニット4B及び手部ユニット4C間、大腿部ユニット5A及び脛部ユニット5B間等の種々の関節機構部に広く適用することができる。

【0114】

要は、第1及び第2のリンク間に設けられ、第1又は第2のリンクを第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持することができれば、関節機構部としてはこの他種々の構成のものを広く適用することができる。

【0115】

また上述の実施の形態においては、第1及び第2のリンク間に設けられ、第1又は第2のリンクを第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部として、脚部ユニット5における脛部ユニット5B及び足部ユニット5C間を連結する関節機構部（具体的には、脛部ユニット5Bの先端に設けられた平板突起部5BA、5BBと足部ユニット5Cの足首部材5CAとの間を連結する関節機構部、並びに当該平板突起部5BA、5BBと足部ユニット5Cの接地部材5CBとの間を連結する関節機構部）5B、5C、9～12に適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他の構成ユニット（胴体部、頭部、腕部、脚部等）間を連結する種々の関節機構部に広く適用する

ことができる。

【0116】

さらに上述の実施の形態においては、脚部ユニット5における脛部ユニット5B及び足部ユニット5C間を連結する関節機構部5B、5C、9～12に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸10A、12Aを介して回転軸9、11に伝達する駆動手段を、図6に示すようなピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12から構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は、内部に駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段としての制御基板41が内蔵されれば、駆動手段としてはこの他種々のアクチュエータを適用するようにしても良い。

【0117】

さらに上述の実施の形態においては、電流値検出手段としての制御基板41により検出された駆動電流の電流値に基づいて、駆動手段の出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、当該トルク検出手段により検出されたトルクに基づいて、第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段とを、制御部ユニット6内のメイン制御部6Aから構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、トルク検出手段及び外力検出手段としてはこの他種々の構成のものを適用しても良い。

【0118】

さらに上述の実施の形態においては、オペレータが遠隔操作装置を用いて外部から遠隔操作することにより上述のような歩行動作を実行するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、制御部ユニット6内の周辺回路として設けられたRAMに予め歩行動作を含む行動プログラムを記憶しておき、当該行動プログラムに基づいて、上述した不整地制御処理手順RT1(図17)を歩行動作の際に実行させるようにしても良い。

【0119】

さらに上述の実施の形態においては、メイン制御部6Aは、足裏面5CBRが不整地面に接地した脚部ユニット5の足部ユニット5Cの関節機構部を可動させ

ると共に当該脚部ユニット5を軸足としたときに上胴体部ユニット2Aを下胴体部ユニット2Bに対して前後方向及び又は左右横方向に移動させるようにして、ロボット本体の重心を安定した状態に保つようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、下胴体部ユニット2Bに連結された各大腿部ユニット5Aをそれぞれ前後方向及び又は左右横方向に移動させるようにして、ロボット本体の重心を安定した状態に保つようにしても良い。

【0120】

さらに上述の実施の形態においては、本発明を2足歩行型ロボット1に適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、複数の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置であれば、4足や6足等の多足歩行型ロボットのみならず、複数のアームを有するロボットなどの種々のロボット装置に広く適用することができる。

【0121】

【発明の効果】

上述のように本発明によれば、供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段が内蔵された駆動手段を、第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付け、当該駆動電流の電流値に基づいて得られた駆動手段の出力軸にかかるトルクに応じて、第1又は第2のリンクに与えられる外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定するための機器を新たに設ける必要がなくて済み、その分だけ装置全体の構成を簡易にし得る関節駆動装置を実現することができる。

【0122】

また本発明によれば、ロボット本体に係合された少なくとも1以上の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置において、供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段が内蔵された駆動手段を、第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付け、当該駆動電流の電流値に基づいて得られた駆動手段の出力軸にかかるトルクに応じて、構成ユニットが外部接触したときに第1又は第2のリンクに与えられる外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定するための機器を新たに設ける必要がなくて済み

、その分だけ装置全体の構成を簡易にし得る関節駆動装置を利用したロボット装置を実現することができる。

【0123】

さらに本発明によれば、第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に回転力を与えるための駆動電流の電流値を検出し、当該電流値に基づいて得られた回転力に加わるトルクに応じて、第1又は第2のリンクに与える外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定する場合と比較して格段と制御を容易にし得る関節駆動方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施の形態による2足歩行型ロボットの構成を示す略線的な外観図である。

【図2】

図1に示す2足歩行型ロボットの内部構成を示すブロック図である。

【図3】

脚部ユニットにおける足部ユニットの外観構成を示す略線的な斜視図である。

【図4】

図3に示す足部ユニットの構成を示す側面図である。

【図5】

図3に示す足部ユニットの構成を示す前面図である。

【図6】

図2に示すアクチュエータの構成を示す部分的な断面図である。

【図7】

ロータ及びロータ軸磁極角度センサの構成を示す略線図である。

【図8】

ロータ及びステータ鉄心の位置関係の説明に供する部分的な断面図である。

【図9】

ステータ及びパワー基板の構成を示す略線図である。

【図10】

トルク増幅部の構成を示す略線図である。

【図11】

1回転絶対角度センサにおける樹脂マグネットの着磁パターンの説明に供する波形図である。

【図12】

第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号の説明に供する波形図である。

【図13】

制御基板の構成を示す略線的な平面図である。

【図14】

制御基板の構成を示すブロック図である。

【図15】

パワー基板の構成を示すブロック図である。

【図16】

1チップマイクロコンピュータの構成を示すブロック図である。

【図17】

不整地歩行制御手順の説明に供するフローチャートである。

【符号の説明】

1 …… 2足歩行型ロボット、 2 ……胴体部ユニット、 2 A ……上胴体部ユニット、 2 B ……下胴体部ユニット、 2 S ~ 5 S ……サブ制御部、 3 ……頭部ユニット、 4 ……腕部ユニット、 4 A ……上腕部ユニット、 4 B ……下腕部ユニット、 5 ……脚部ユニット、 5 A ……大腿部ユニット、 5 B ……脛部ユニット、 5 C ……足部ユニット、 5 C A ……足首部材、 5 C B ……接地部材、 5 C B T ……つま先部、 5 C B R ……足裏面、 6 ……制御部ユニット、 6 A ……メイン制御部、 9 、 11 ……固定軸、 10 (A₁₃) ……ピッチ軸用アクチュエータ、 10 A 、 12 A ……出力軸、 12 (A₁₄) ……ロール軸用アクチュエータ、 20 ……モータ部、 21 ……トルク増幅部、 24 ……ロータ軸、 27 ……ロータ、 29 ……コイル、 41 ……制御基板、 42 ……パワー基板、 45 ……1チップマイクロコンピュータ。

【書類名】 図面

【図1】

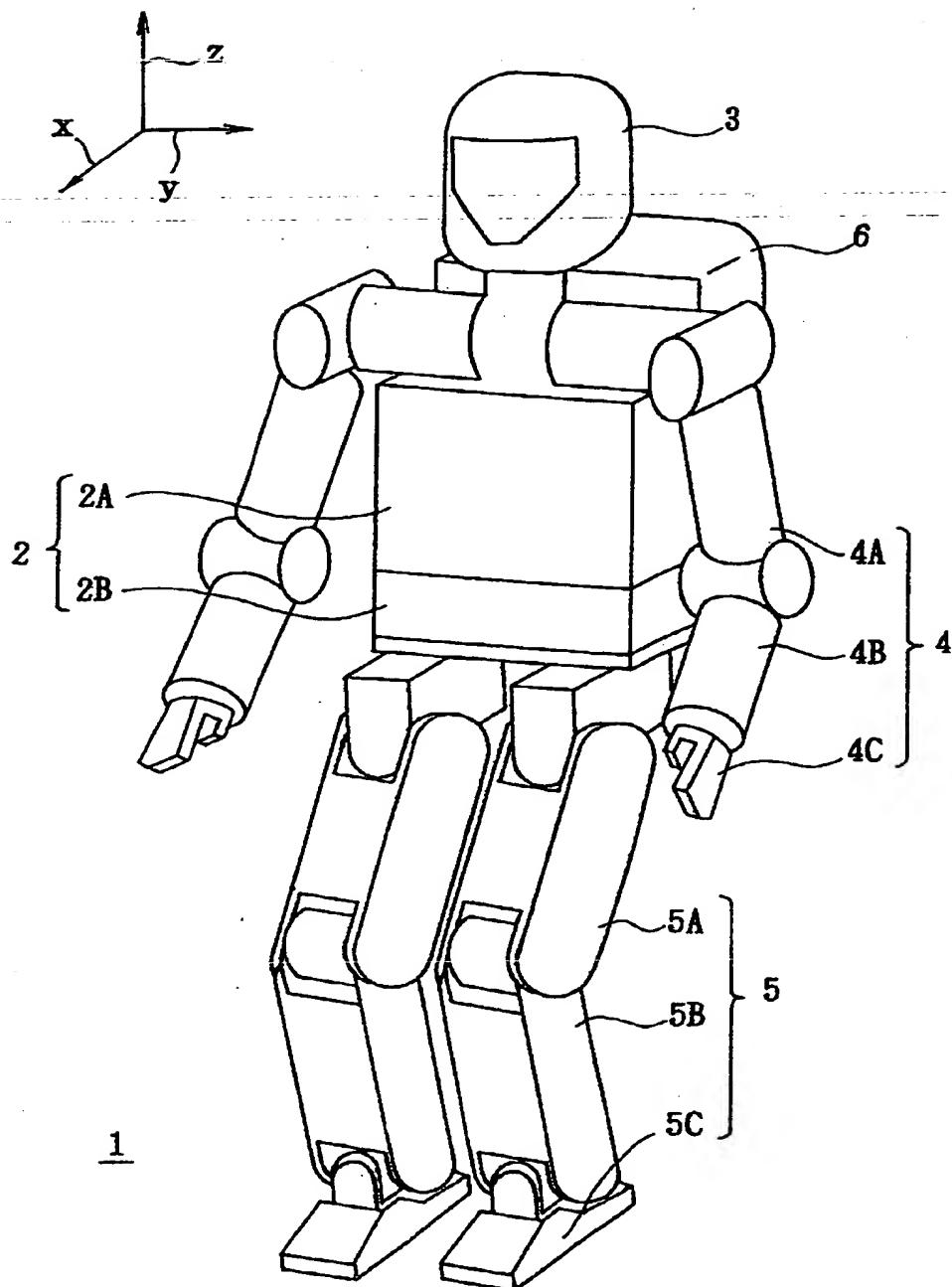


図1 本実施の形態による2足歩行型ロボットの構成

【図2】

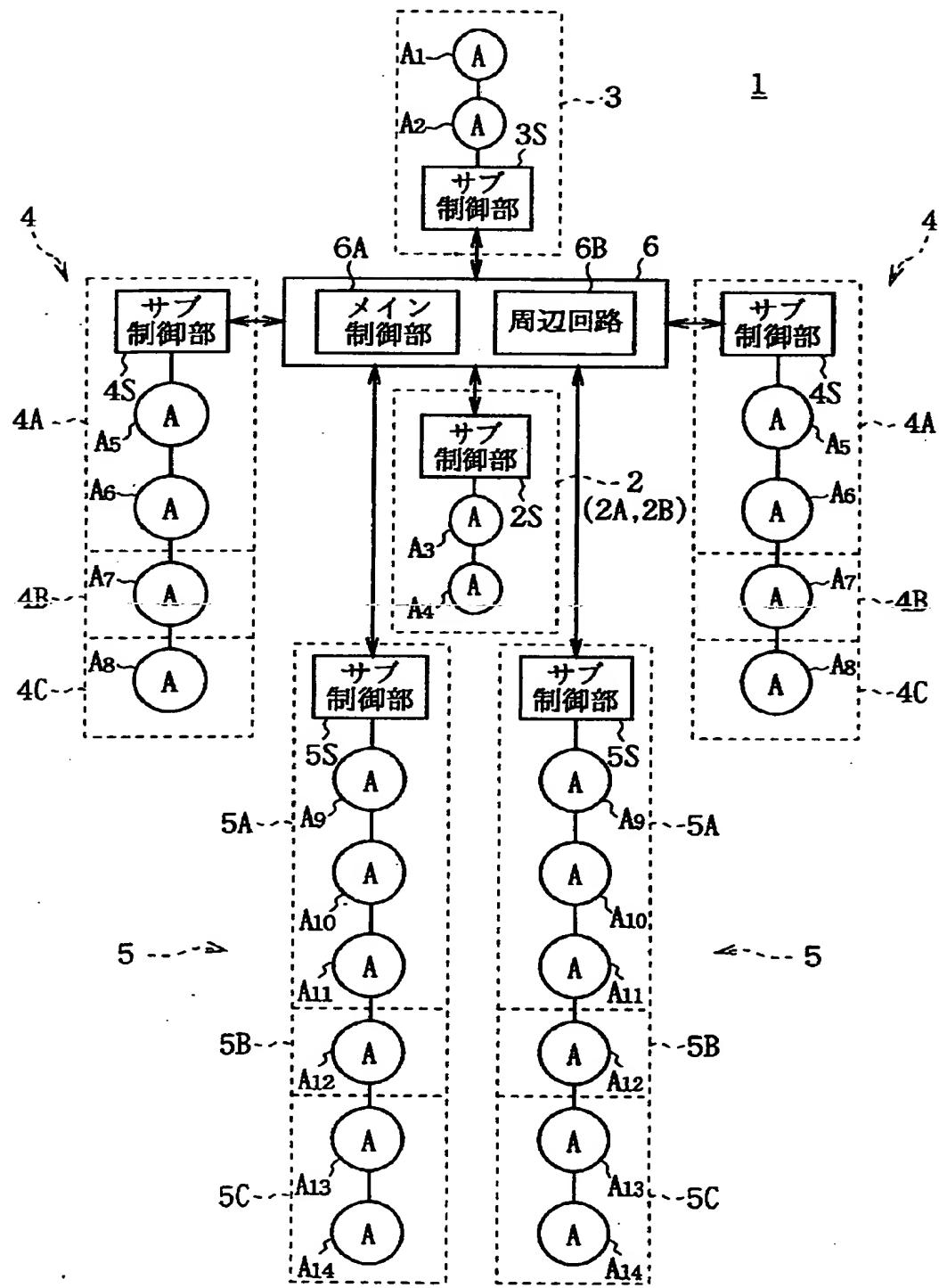


図2 2足歩行型ロボットの内部構成

【図3】

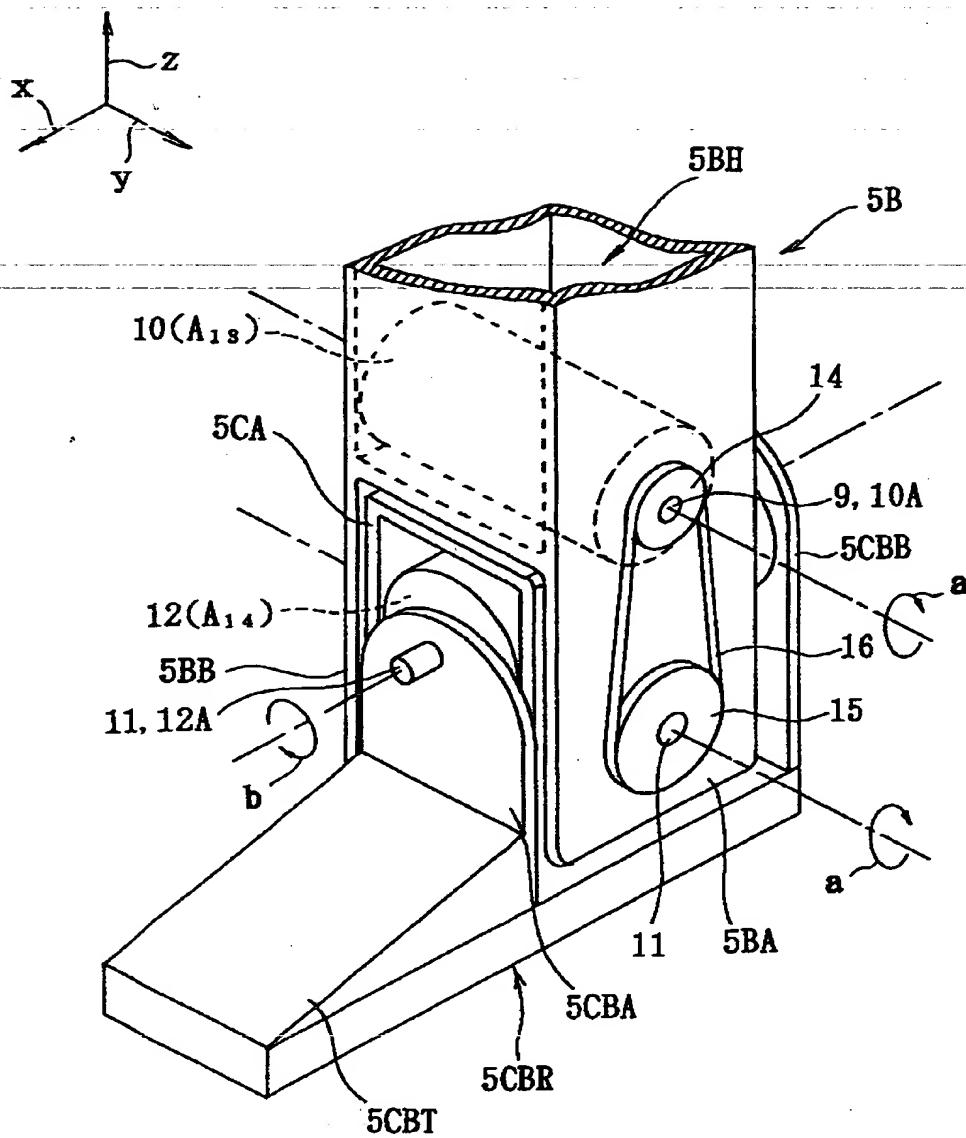


図3 足部ユニットの構成(1)

【図4】

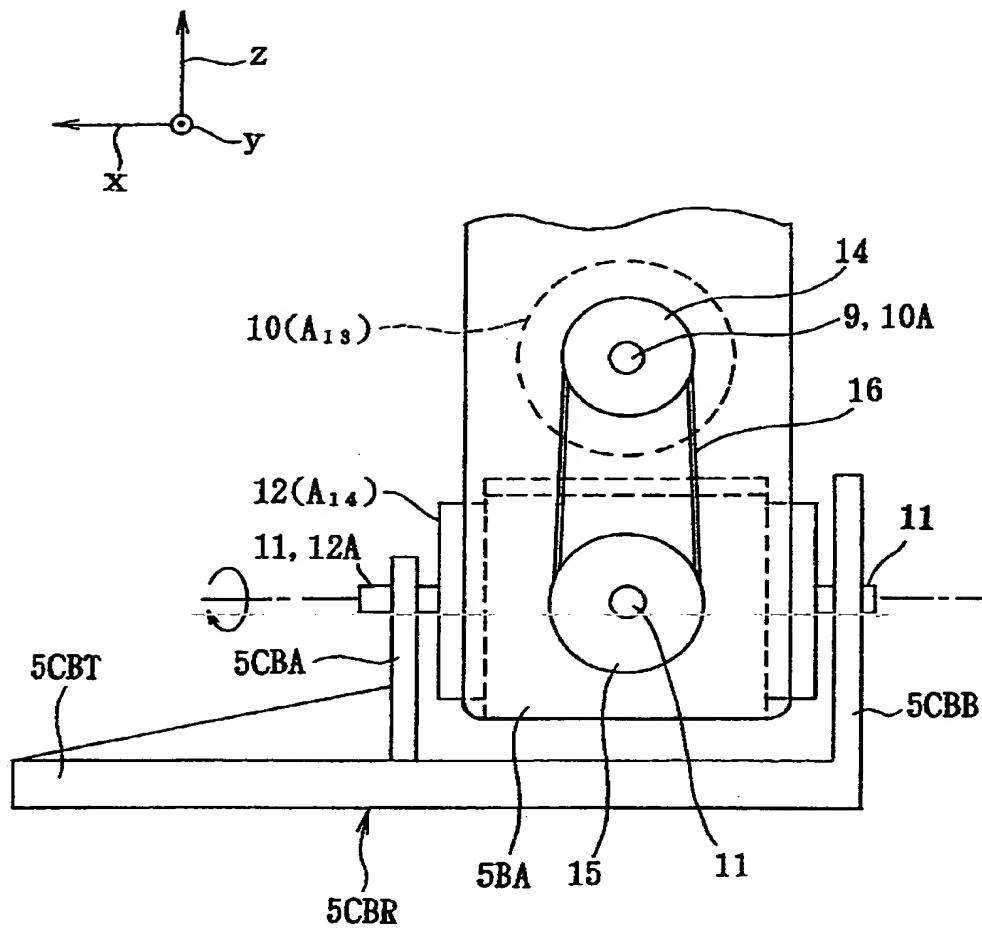


図4 足部ユニットの構成(2)

【図5】

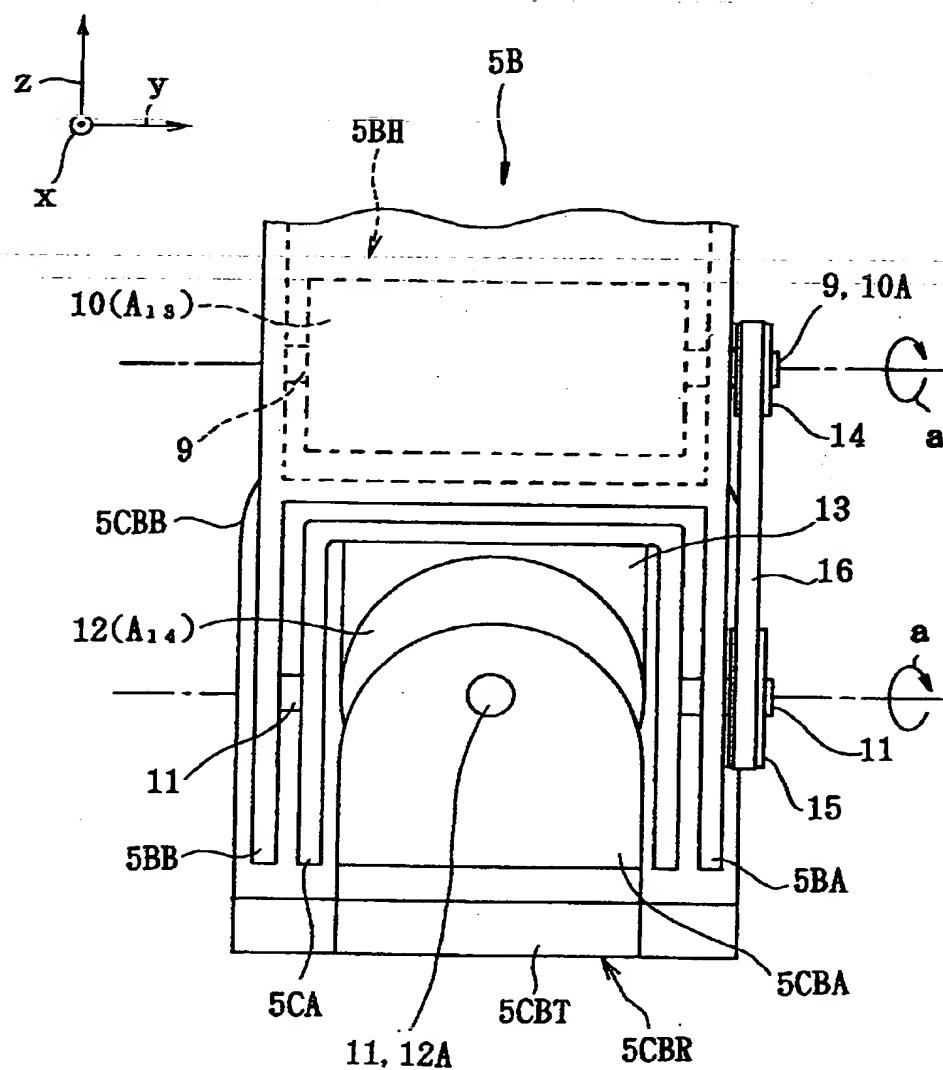


図5 足部ユニットの構成 (3)

【図6】

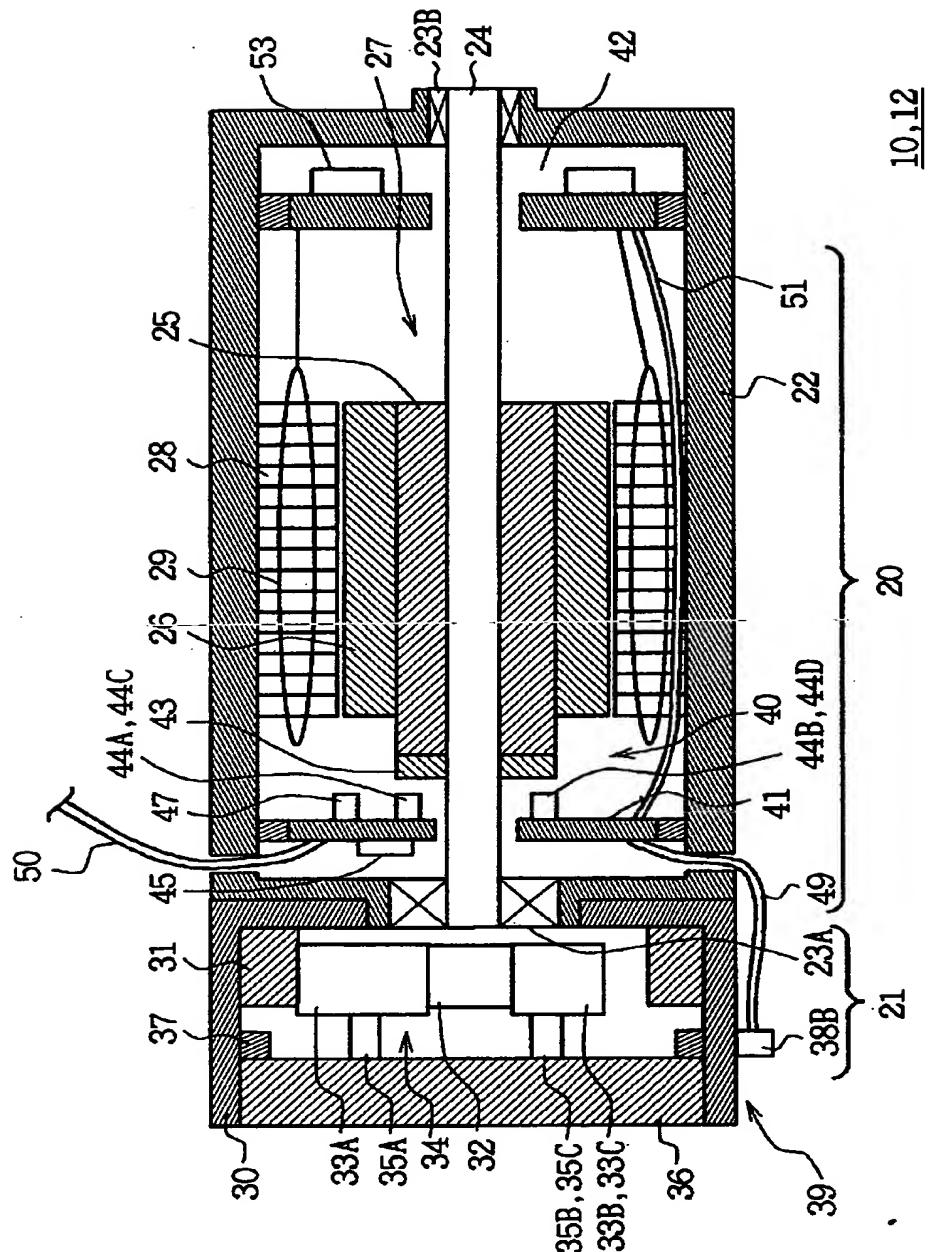


図6 アクチュエータの構成

【図 7】

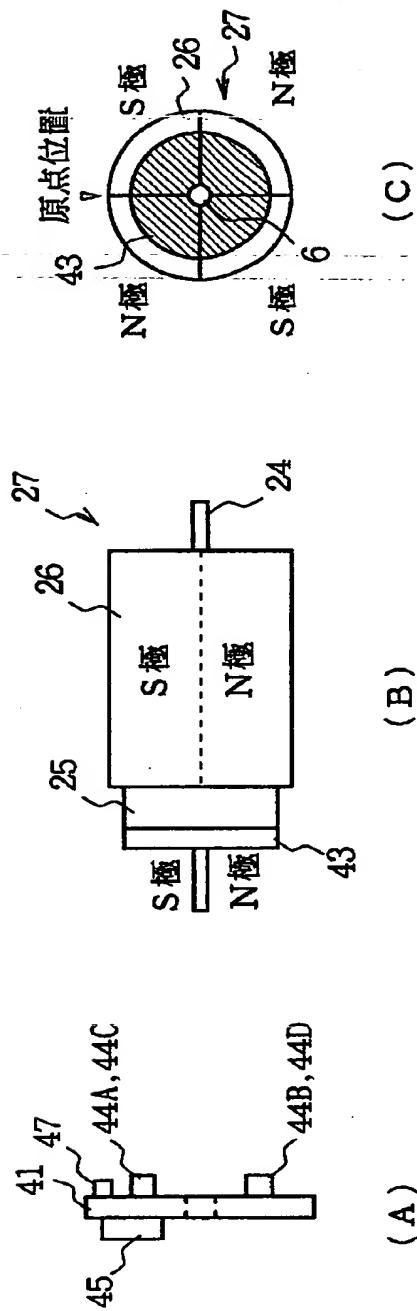


図7 ロータ及びロータ軸磁極角度センサの構成

【図8】

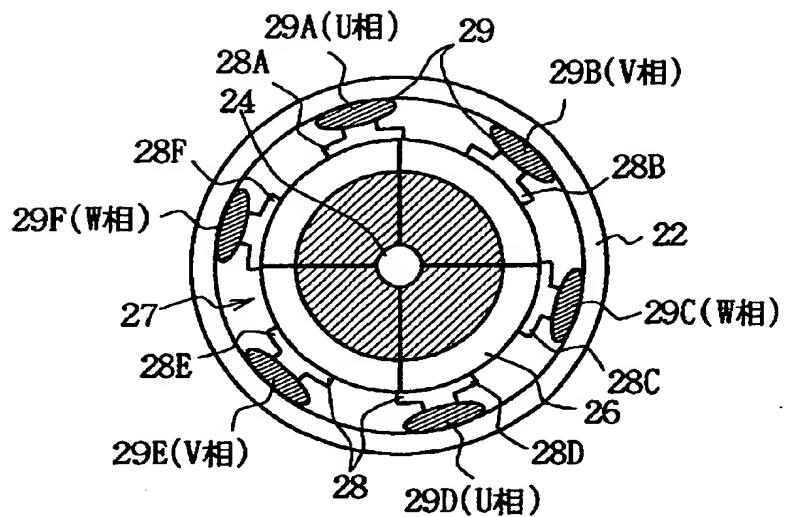


図8 ロータ及びステータ鉄心の位置関係

【図9】

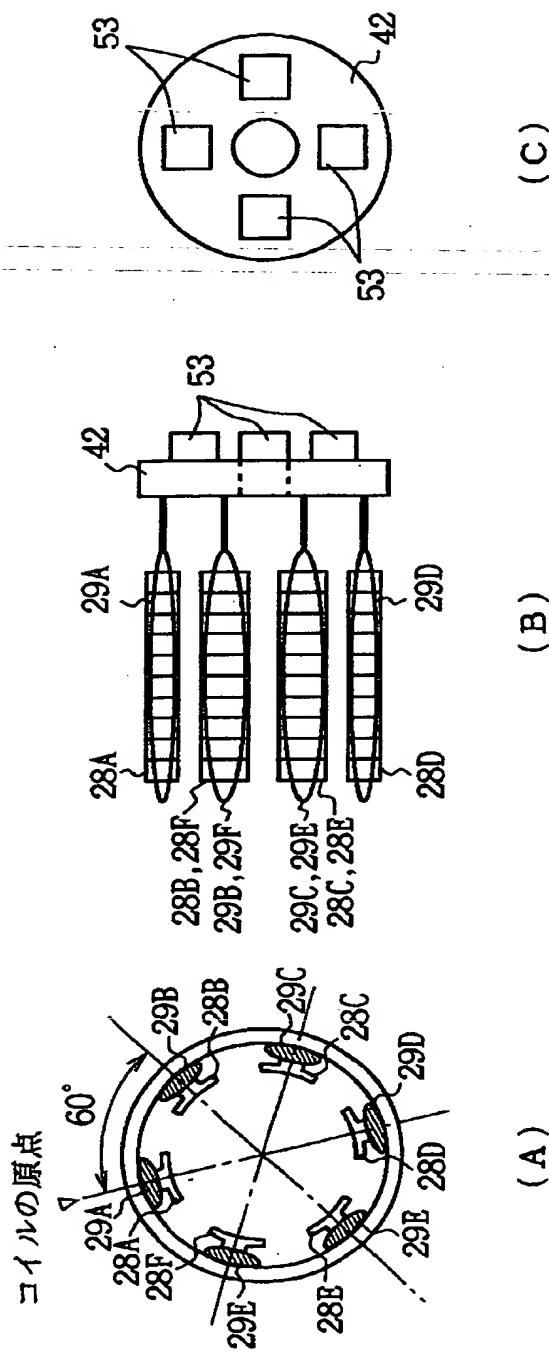


図9 ステータ及びパワー基板の構成

【図10】

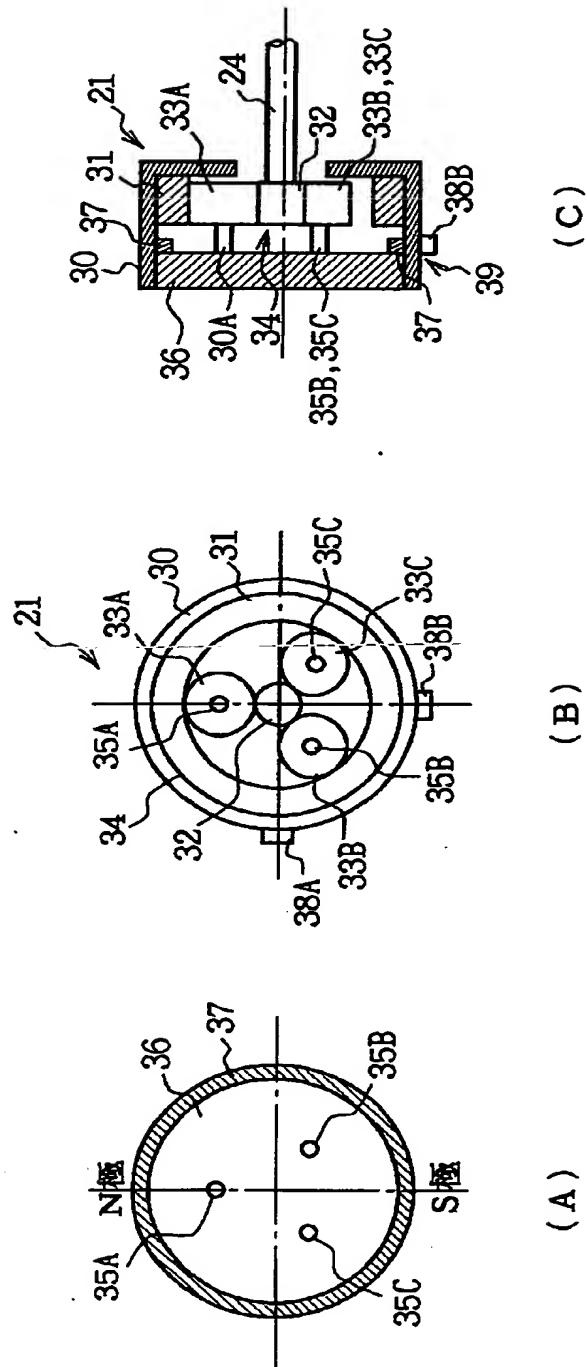
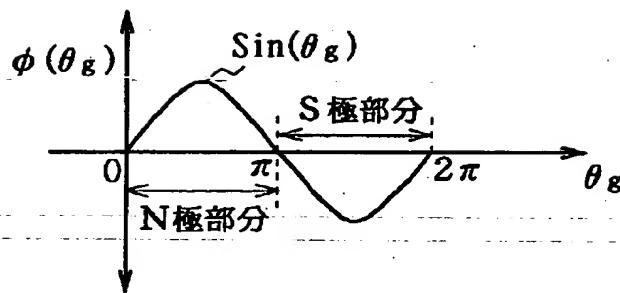


図10 トルク増幅部の構成

【図 1 1】

図 1 1 1 回転絶対角度センサにおける
樹脂マグネットの着磁パターン

【図 1 2】

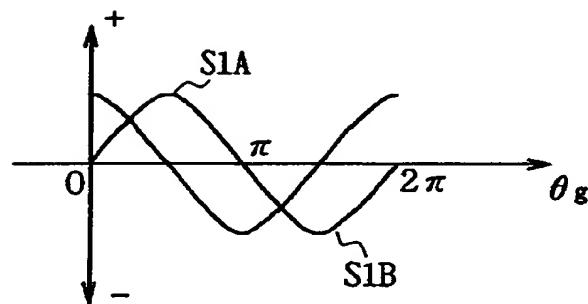


図 1 2 第 1 及び第 2 の 1 回転絶対角度センサ信号

【図13】

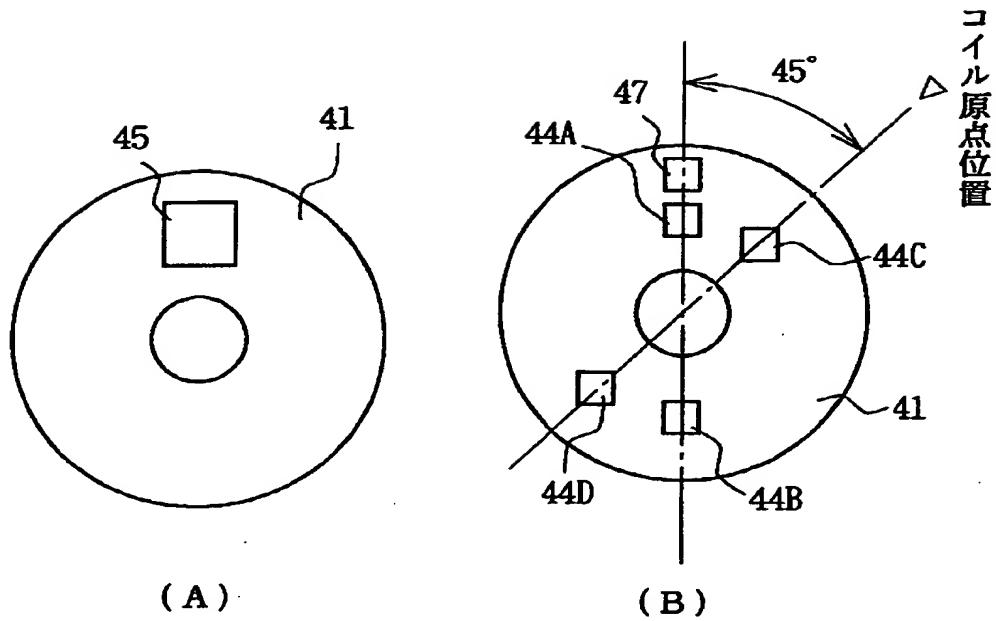


図13 制御基板の構成(1)

【図14】

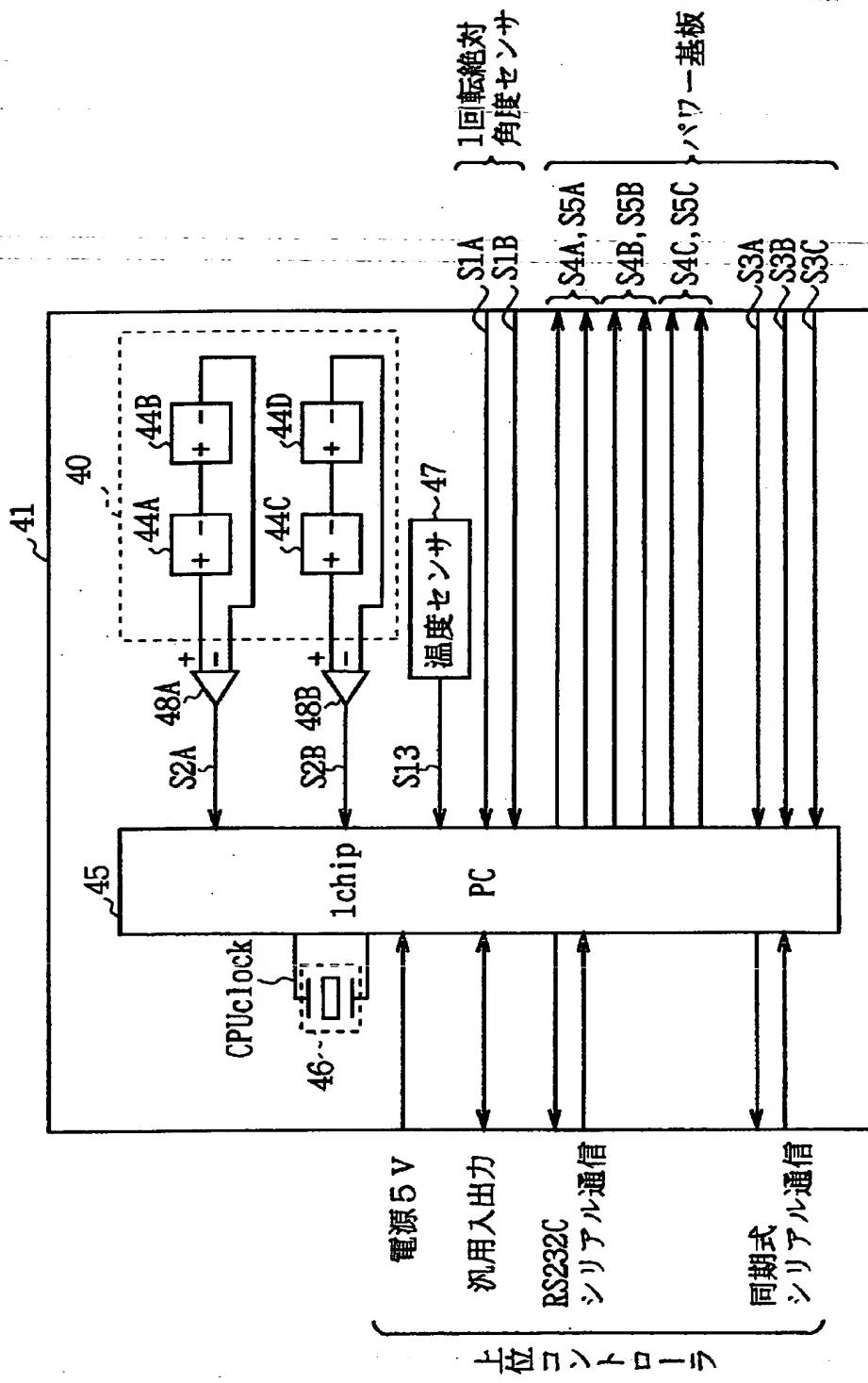


図14 制御基板の構成(2)

【図 15】

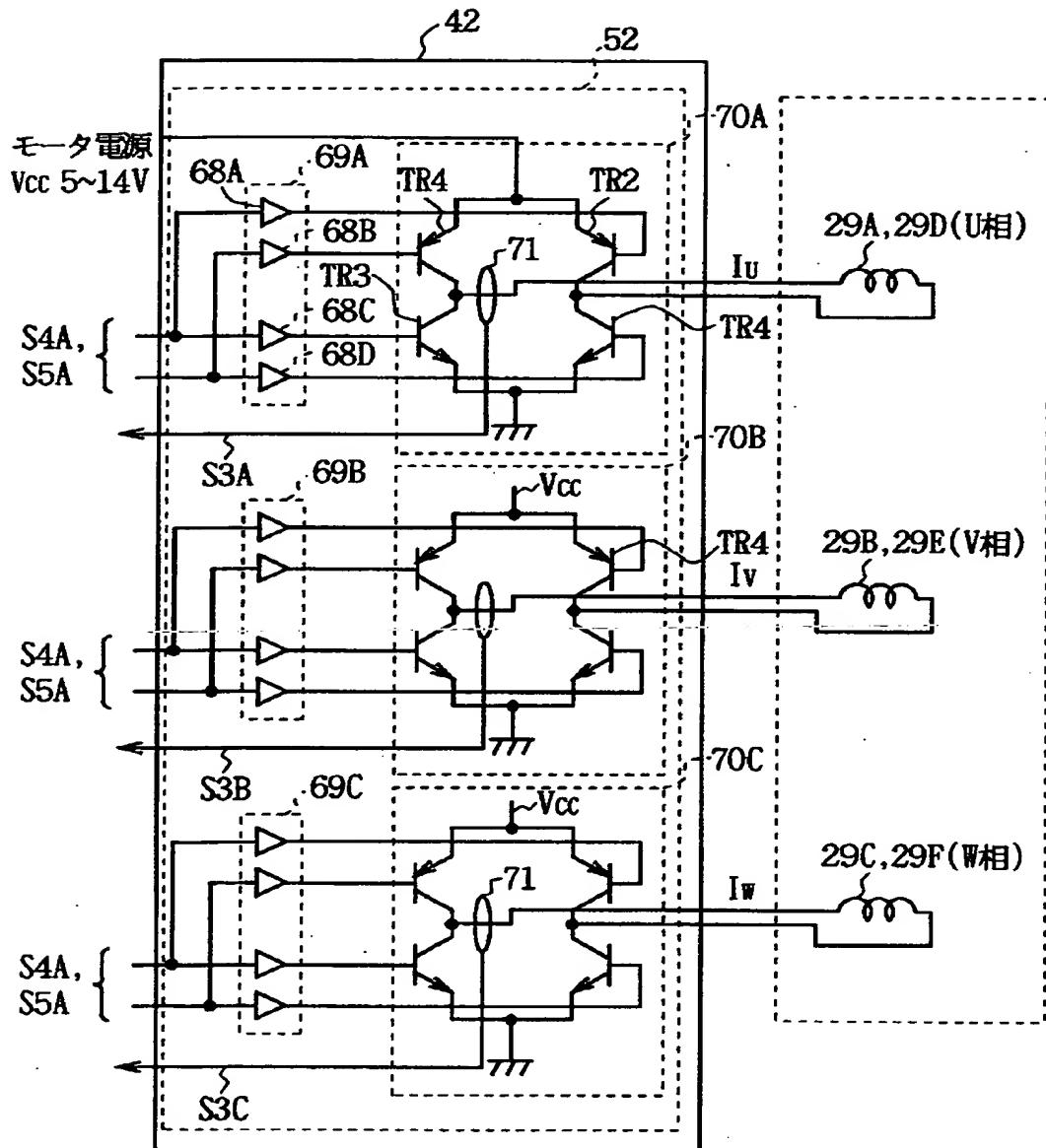


図 15 パワー基板の構成

[図 16]

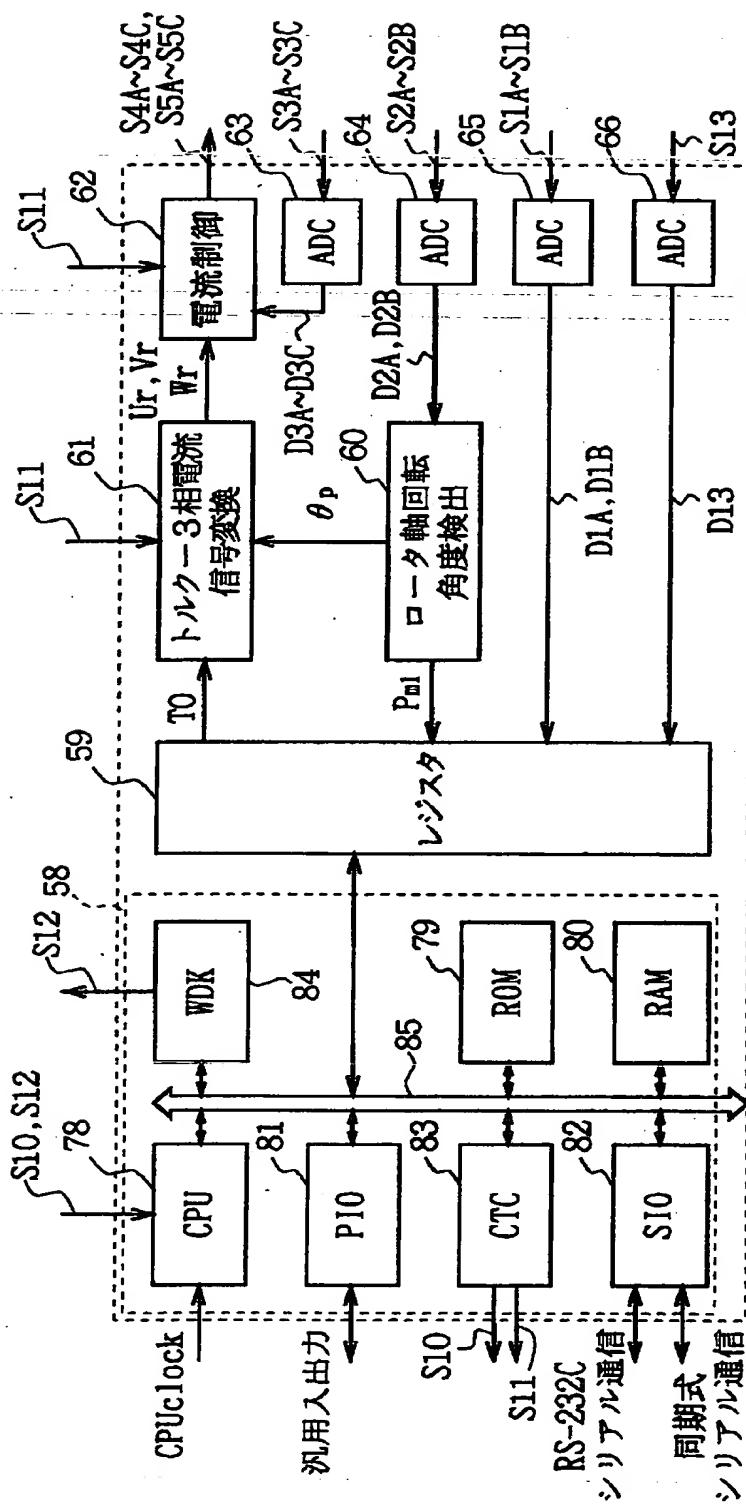


図 16 1チップマイクロコンピュータの構成

【図17】

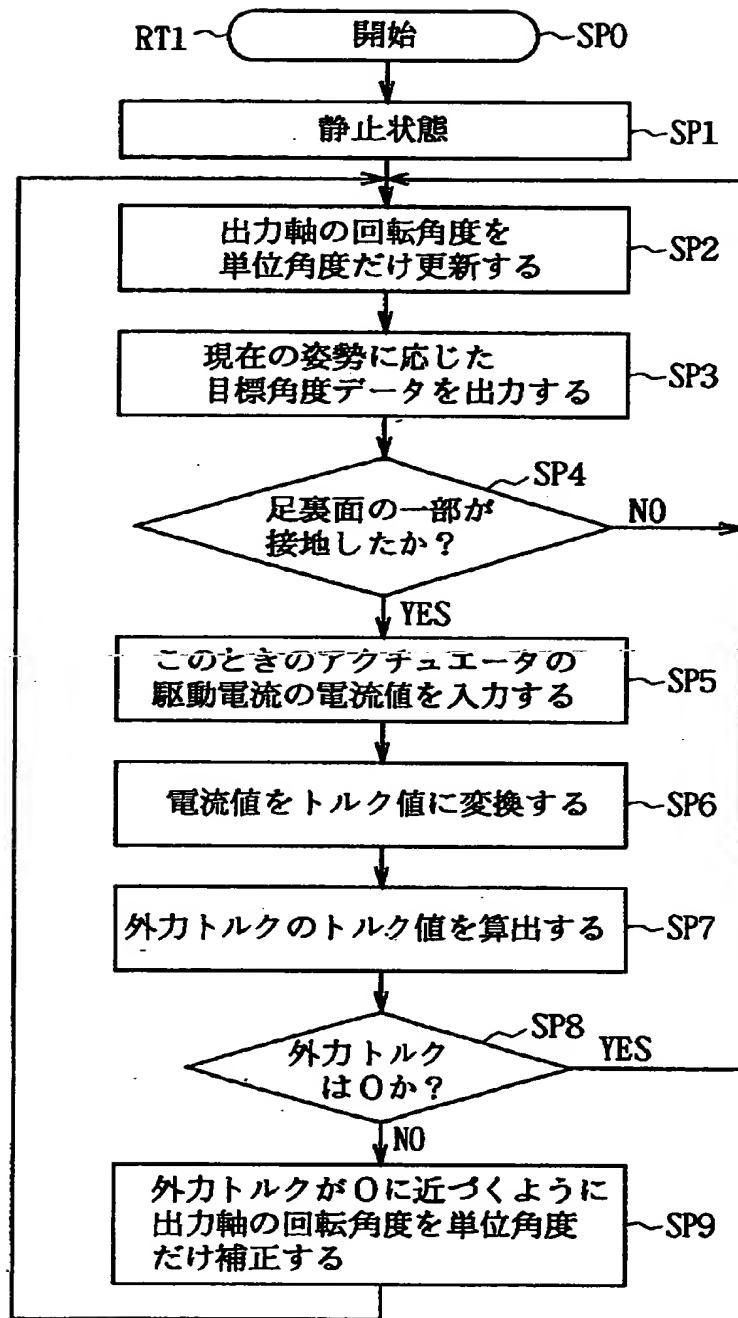


図17 不整地歩行制御手順

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

本発明は、構成を簡易にし得る関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに制御を容易にし得る関節駆動方法を実現しようとするものである。

【解決手段】

供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段が内蔵された駆動手段を、第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付け、当該駆動電流の電流値に基づいて得られた駆動手段の出力軸にかかるトルクに応じて、第1又は第2のリンクに与えられる外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定するための機器を新たに設ける必要がなくて済み、その分だけ装置全体の構成を簡易にし得る関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置を実現し得ると共に制御を容易にし得る関節駆動方法を実現し得る。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社